

**Значения коэффициента трения бронзы Бр АМц 9-2
в зависимости от технологии ее изготовления**

№	Состояние бронзы	$V=3,25$ м/с		
		$p_1=1$ МПа	$p_2=2$ МПа	$p_3=3$ МПа
1	Литое	0,0429–0,0456	0,0338–0,0360	–
2	Горячедефор-ми- рованное	0,0484–0,0520	0,0447–0,0465	0,0569–0,0599
3	Наплавленное	0,0511–0,0575	0,0520–0,0593	–

Примечание. При давлении $p=3$ МПа в данных условиях испытаний бронза Бр АМц 9-2 в литом и наплавленном состоянии схватывается с контртелом.

Проведенные испытания позволяют сделать заключение о том, что способ изготовления исследованной бронзы существенно влияет на ее коэффициент трения и, соответственно, служебные свойства машин и механизмов; антифрикционность наплавленной бронзы незначительно (на 0...26%) уступает литой и кововой.

В. А. Повагин,
С. В. Федулов

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДОВ БЕСПРИЗНАКОВОГО РАСПОЗНАВАНИЯ ОБРАЗОВ И РЕШЕНИЯ ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ ЗАДАЧ В РЕКОНСТРУКЦИИ МАГИСТРАЛЬНЫХ ГАЗОПРОВОДОВ

Исходными данными для распознавания является результат магнитометрического обследования – магнитограмма – двумерная целочисленная матрица уровней сигналов, снятых с датчиков в процессе инспекции стенок газопровода. Строка магнитограммы – канал – является целочисленной функцией времени. Он представляет собой упорядоченную по времени последовательность значений, полученных с одного и того же датчика, и является моделью динамики изменения магнитного потока над этим датчиком в течение времени измерения. Магнитограмма является логическим объединением множества этих процессов потому, что это процессы независимые, ненормированные и стохастические. Поскольку аппаратная функция датчика неизвестна, классический метод решения обратной задачи сведением к интегральному уравнению Фредгольма 1-го

рода типа свертки неприменим [1]. Кольцевой шов – это место стыка труб на газопроводе. Процедура распознавания должна установить места расположения швов на магнитограмме. Обнаружено два свойства шва, позволяющие идентифицировать его. Он ориентирован строго вертикально, совпадает с колонкой магнитограммы. Субъективно шов воспринимается за счет кратковременного синхронного увеличения амплитуды колебаний уровней сигнала, причем не обязательно во всех каналах. В качестве наиболее информативного в контексте обнаружения швов компонента сигнала примем вариативность сигнала на отрезке, равном средней «толщине» шва – средней «продолжительности» этого увеличения. Статистических зависимостей [4] между каналами в области швов не обнаружено, вейвлет-анализ [2, 3] тоже ничего не дал. Будем считать числовой мерой вероятности обнаружения шва вариативность сигнала на отрезках длиной, равной средней длине шва. В качестве меры вариативности в точке примем среднее квадратическое отклонение дискретной случайной величины, чье распределение значений составлено из всех значений канала в окрестности точки, и которая распределена на интервале длиной, равной средней длине шва. Полученные для каждого канала оценки являются независимыми ненормированными оценками вероятности обнаружения шва в каждый момент времени. Назовем их частными оценочными функциями (ЧОФ). Поскольку свойства формирующих каналы датчиков различны, то и свойства сигнала в разных каналах различны. В том числе статистики вычисленных мер вариативности. Это означает, что одна и та же по величине оценка вариативности в разных каналах имеет разный смысл. Это приводит к тому, что значительно превышающая другие в рамках одного канала оценка (хороший кандидат в швы) может быть «поглощена» среднестатистической (фоновой) большей по абсолютной величине оценкой в более «дребезжащем» (с большими статистиками оценок) канале при их совместном рассмотрении. Таким образом, общая надежность распознавания уменьшится. Проблема номер два – необходимость «межканального» усреднения оценок. Шов «проявляется» в достаточно большом числе каналов, притом довольно слабо. При этом на магнитограмме наличествуют разного рода «шумовые» объекты – порождающие более сильные вариации, но в меньшем числе каналов и, следовательно, могущие иметь сходную суммарную оценку, что также приводит к ухудшению общей на-

дежности распознавания. Воспользуемся «поканальной бинаризацией», т. е. бинаризацией со своим пороговым значением для каждого канала. Для каждого канала определим пороговое значение. Все оценки в этом канале, превышающие порог, примут значение «1», не превышающие – «0». Тем самым мы вводим новую функцию с множеством значений (0,1) – нормированную оценочную функцию (НОФ). Нормировать частные оценки в процессе бинаризации мы можем, получив одинаковое во всех каналах число оценок, равных «1». Смысл этого в том, что во всех каналах мы получим равное число событий «обнаружен шов» и тем самым выровняем «оценочный вклад» всех каналов независимо от того, насколько сильно отличались в них статистики оценок. Нормировка каналов нужна для того, чтобы иметь возможность в дальнейшем перейти от частных оценок к совокупной. Совокупная оценочная функция (СОФ) будет общей по всем каналам количественной оценкой вероятности обнаружения шва по сумме нормированных частных оценок. Допустим, что в рассматриваемом нами интервале времени всегда имеется хотя бы один шов. Тогда положение шва будет определять максимум СОФ на этом интервале. Под условием нормированности оценок будем понимать то обстоятельство, что число превышающих канальный порог оценок, равных «1» должно быть одинаково во всех каналах. Достоверность обнаружения достигает максимума, когда максимум СОФ отличается от среднего СОФ на наибольшую величину. На практике построение зависимости разницы максимума и среднего СОФ от вектора пороговых значений связано с ощутимыми вычислительными затратами, поэтому удобен другой способ грубой локализации максимума этого функционала. Максимум зависимости достигается тогда, когда максимум СОФ находится в определенном интервале значений, привязанном к числу каналов. Смысл этого интервала в том, что он обозначает эмпирическое минимально возможное число каналов, «отреагировавших» на шов увеличением вариативности сигнала. Это означает, что когда мы получаем значение максимума меньше этого интервала значений, то можем предположить, что находимся левее экстремума, а если больше – то правее. Выполнение обоих условий приводит к построению оптимальных в смысле достоверности распознавания значений порогового вектора. В случае если в рассматриваемый интервал попадает более одного шва, позициям швов соответствуют коор-

динаты самых больших локальных максимумов СОФ (назовем их подозрительными точками). При этом чем круче график СОФ в окрестности подозрительной точки, тем более вероятно, что она порождена швом, а не протяженным шумовым объектом. Имеет смысл анализировать величину локального максимума относительно величины абсолютного (в пределах рассматриваемого фрагмента) максимума. А в качестве меры «крутизны» графика СОФ удобно брать оценку вариативности значений СОФ из некоторой окрестности подозрительной точки, или сумму абсолютных значений производных СОФ в этой же окрестности. При выборе точек локальных максимумов следует учитывать априорное знание о минимальной длине трубы, обуславливающей минимально возможный интервал между координатами подозрительных точек.

Описанный метод реализован в системе экспертного анализа результатов инспекции магистральных газопроводов и успешно применяется в распознавании кольцевых сварных швов. Средняя толщина шва была рассчитана опытным путем, ее значение равняется 7. Сигнал обрабатывается пофрагментно, причем длина фрагмента выбирается так, чтобы она превышала максимально возможную длину трубы. Тем самым мы гарантируем наличие хотя бы одного шва в рассматриваемом фрагменте. Значения порогового вектора вычисляются отдельно для каждого фрагмента в зависимости от «шумности» сигнала. На сегодняшний день с помощью этого метода обработано 24,73 Тб информации. Было обработано 3010607 кольцевых швов. При этом было пропущено 98361 шов, что составляет 3,2%. Было обнаружено 45468 ложных швов или 1,5% от общего числа обработанных швов.

Библиографический список

1. Сизиков В. С. Математические методы обработки результатов измерений. СПб., 2001.
2. Воробьев В. И., Грибунин В. Г. Теория и практика вейвлет-преобразования. СПб., 1999.
3. Sweldens W. The Construction and Application of Wavelets in Numerical Analysis, 1995. PhD Thesis.
4. Гайдышев И. Анализ и обработка данных. СПб., 2001.